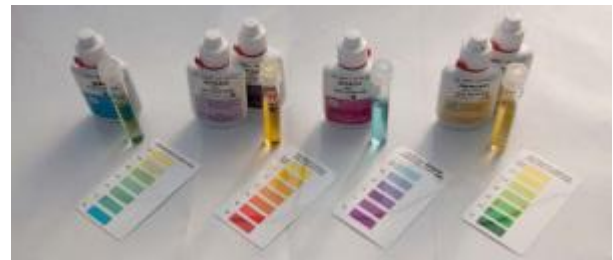


QUALITA' DELL'ACQUA IN ACQUAPONICA (Capitolo 3)

Questo capitolo affronta i concetti di base della gestione dell'acqua in un sistema acquaponico. Il capitolo inizia con la definizione del quadro generale e formula alcune osservazioni sull'importanza della buona qualità delle acque per il successo della produzione alimentare in acquaponica. Successivamente, verranno discussi in dettaglio i principali parametri di qualità dell'acqua. Verrà quindi affrontata la gestione e la modifica di alcuni dei parametri essenziali, soprattutto per quanto riguarda l'approvvigionamento e il reintegro dell'acqua nel sistema.

L'acqua è la linfa vitale di un sistema acquaponico, è il mezzo attraverso il quale tutti i macronutrienti essenziali e micronutrienti sono trasportati alle piante ed il mezzo attraverso il quale i pesci ricevono ossigeno. I Cinque parametri chiave della qualità delle acque che verranno trattati sono: l'ossigeno disciolto (DO), il pH, la temperatura, l'azoto totale e la durezza dell'acqua.

Ciascun parametro ha un impatto su i tutti e tre gli organismi del sistema (pesci, piante e batteri) e comprendere gli effetti di ogni parametro è fondamentale. Sebbene alcuni aspetti della conoscenza sulla qualità delle acque e sulla chimica dell'acqua, necessari per l'acquaponica, possano sembrare complicati, la gestione effettiva è relativamente semplice con l'aiuto di kit per semplici test.



L'acqua-test essenziale per mantenere una buona qualità dell'acqua nel sistema.

3.1 Lavorare entro il “range” di tolleranza per ogni organismo

Come discusso nel capitolo 2, l'acquaponica è soprattutto una questione di bilanciamento in un ecosistema di tre gruppi di organismi: pesci, piante e batteri. Ogni organismo in un sistema acquaponico ha un range di tolleranza specifico per ciascun parametro della qualità dell'acqua (Tabella 3.1).

TABLE 3.1

General water quality tolerances for fish (warm- or cold-water), hydroponic plants and nitrifying bacteria

Organism type	Temp (°C)	pH	Ammonia (mg/litre)	Nitrite (mg/litre)	Nitrate (mg/litre)	DO (mg/litre)
Warm water fish	22–32	6–8.5	< 3	< 1	< 400	4–6
Cold water fish	10–18	6–8.5	< 1	< 0.1	< 400	6–8
Plants	16–30	5.5–7.5	< 30	< 1	-	> 3
Bacteria	14–34	6–8.5	< 3	< 1	-	4–8

Gli intervalli di tolleranza sono relativamente simili per tutti e tre gli organismi, ma vi è necessità di raggiungere un compromesso e di conseguenza alcuni organismi non possano funzionare al loro livello ottimale. La tabella 3.2 illustra il compromesso ideale in un sistema acquaponico elemento chiave per i parametri di qualità dell'acqua. I due parametri più importanti per l'equilibrio sono il pH e temperatura. Si raccomanda che il pH sia mantenuto ad un livello di compromesso tra il 6 e 7.

TABLE 3.2
Ideal parameters for aquaponics as a compromise between all three organisms

	Temp (°C)	pH	Ammonia (mg/litre)	Nitrite (mg/litre)	Nitrate (mg/litre)	DO (mg/litre)
Aquaponics	18-30	6-7	< 1	< 1	5-150	> 5

Per quanto riguarda la temperatura l'intervallo di generale è tra 18-30 ° C e dovrebbe essere regolato in base alle specie ittiche allevate o vegetali coltivati, i batteri prosperano in tutto il range indicato. Quello che è importante è scegliere adeguati abbinamenti tra pesci e vegetali in modo che si adattino bene reciprocamente alle condizioni ambientali. Il capitolo 7 e l'appendice 1 affrontano la crescita ottimale delle piante più comuni in relazione alle temperature dei pesci.

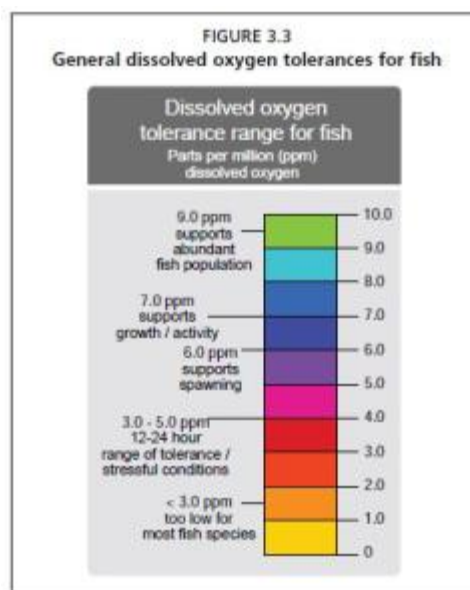
L'obiettivo generale è dunque quello di mantenere un ecosistema sano con parametri di qualità dell'acqua che soddisfano i requisiti per l'allevamento del pesce, la coltivazione degli ortaggi e la proliferazione dei batteri, tutti e tre contemporaneamente.

Ci sono momenti in cui la qualità dell'acqua avrà bisogno di essere modificata in modo attivo per continuare a soddisfare questi criteri e mantenere un sistema che funzioni correttamente.

3.2 I 5 principali parametri della qualità dell'acqua

3.2.1 L'ossigeno

L'ossigeno è essenziale per tutti e tre gli organismi coinvolti in un sistema acquaponico, piante, pesci e batteri nitrificanti tutti hanno bisogno di ossigeno per vivere. Il livello ossigeno disciolto (DO) descrive la quantità di ossigeno molecolare all'interno dell'acqua ed è misurato in milligrammi per litro. È il parametro di qualità dell'acqua che ha l'effetto più immediato e drastico sul acquaponica. In effetti, i pesci possono morire entro poche ore se esposti a basso DO all'interno delle vasche di allevamento. Pertanto assicurare livelli di DO adeguati è fondamentale per il sistema. Anche se il monitoraggio dei livelli DO è molto importante, la sua misurazione accurata può essere difficile perché viene fatta con dispositivi molto costosi o difficile da trovare. Per i sistemi di piccole dimensioni è spesso sufficiente fare affidamento sul frequente monitoraggio del comportamento dei pesci e la crescita delle piante ed avere la garanzia che le pompe per l'acqua e per l'aria siano costantemente in attività per favorire l'aerazione. L'ossigeno si scioglie direttamente sulla superficie dell'acqua dall'atmosfera. Questa condizione si verifica normalmente in natura ma non in sistemi di produzione intensivi con densità di pesci più elevate, in queste condizioni la quantità di DO disponibile è insufficiente a soddisfare le richieste di pesci, piante e batteri. Così, l'ossigeno disciolto deve essere integrato attraverso strategie di gestione. Sono due le strategie messe in campo nei sistemi acquaponici di piccole dimensioni: utilizzare le pompe per creare il flusso dinamico, e utilizzare aeratori che producono bolle d'aria nell'acqua. Il movimento dell'acqua e l'aerazione sono aspetti critici di ogni sistema acquaponico e la loro importanza non sarà mai abbastanza sottolineata. Questi argomenti, assieme a quelli della progettazione e dei sistemi di sicurezza, saranno discussi nel Capitolo 4. Il livello ottimale di DO affinché possa prosperare ogni organismo è di 5-8 mg / litro (Figura 3.3).

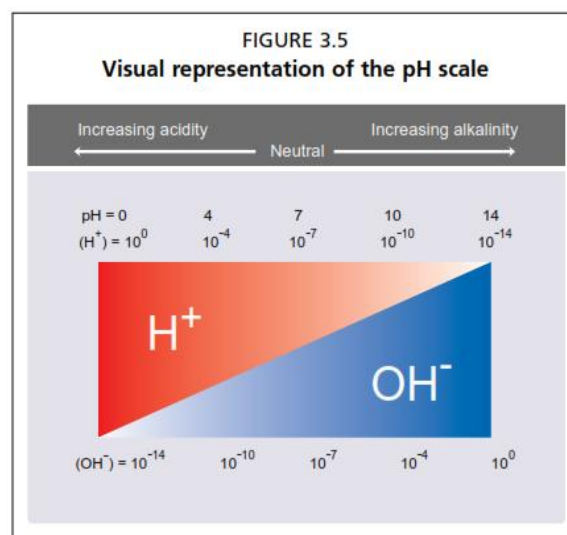
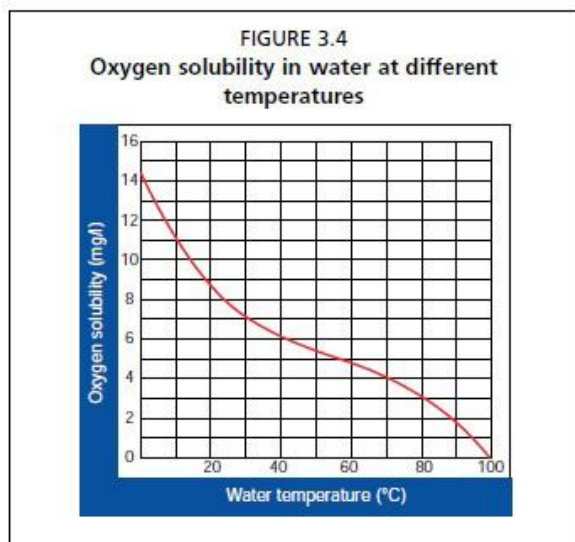


Alcune specie di pesci tra cui la carpa e la tilapia, possono tollerare livelli di DO più bassi di 2-3 mg/litro, ma nei sistemi acquaponici è molto più sicuro disporre di livelli più elevati, giacché

tutti e tre gli organismi utilizzano l'ossigeno disciolto in l'acqua.

Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua nella produzione acquaponica è bene evidenziare che quando la temperatura dell'acqua aumenta, la solubilità di ossigeno diminuisce. In altre parole, la capacità dell'acqua di trattenere l'ossigeno disciolto diminuisce all'aumentare della temperatura, l'acqua calda tiene meno ossigeno di quanto non trattenga acqua fredda (Figura 3.4).

Per tale motivo si raccomanda che l'aerazione sia garantita da pompe d'aria nei luoghi caldi o durante i periodi più caldi dell'anno, soprattutto se si alleva pesce delicato.



3.2.2 Il pH

Avere delle conoscenze generali sul pH è utile per poter gestire un sistema acquaponico. Il pH di una soluzione è la misura di quanto sia acida o basica su una scala da 1 a 14.

Il pH 7 è neutro, sotto il 7 è acido, sopra 7 è basico. Il termine pH è definito come la quantità di ioni idrogeno (H^+) in una soluzione, più sono numerosi gli ioni idrogeno, più il pH è acido. La rappresentazione visuale della scala del pH è esposta nella figura 3.5.

- La scala del pH è in negativo: un pH di 7 ha meno ioni idrogeno che un pH di 6.
- La scala del pH è logaritmica; un pH di 7 ha 10 volte meno ioni idrogeno rispetto a un pH di 6, 100 volte meno di un pH di 5, e 1.000 volte meno di un pH di 4. Ad esempio, se il pH di una sistema acquaponico presenta una valore di 7 e, successivamente, il valore registrato è 8, l'acqua ha ora dieci volte meno ioni H^+ associati perché la scala è in negativo e logaritmica. È importante essere consapevoli della natura logaritmica della scala pH perché non è necessariamente intuitivo. Secondo il precedente esempio, se una successiva lettura evidenzia pH 9, il problema sarebbe 100 volte peggiore e, pertanto, la situazione è ipercritica, invece di essere solo due volte peggiore!

Importanza del pH

Il pH dell'acqua ha un forte impatto su tutti gli aspetti della coltura acquaponica, specialmente le piante e i batteri. Per le piante, il pH controlla l'accesso a micro e macronutrienti. Ad un pH di 6,0 - 6,5, tutti i nutrienti sono prontamente disponibili, ma al di fuori di questo intervallo diventa difficile per le piante accedere a tutti i nutrienti. In effetti, un pH di 7,5 può portare a carenze nutrizionali di ferro, fosforo e manganese. Questo fenomeno, noto come blocco dei nutrienti, è discusso nel Capitolo 6.

I batteri nitrificanti entrano in difficoltà sotto un pH di 6, la capacità dei batteri per convertire l'ammoniaca in nitrato si riduce dunque con l'acidità, cioè in condizioni di pH basso. Questo può portare a una ridotta biofiltrazione e, di conseguenza, i batteri diminuiscono la conversione

dell'ammoniaca in nitrato e i livelli di ammoniaca possono iniziare ad aumentare, portando ad un sistema non bilanciato e stressante per gli altri organismi.

I pesci hanno una certa tolleranza a intervalli di pH meno che ottimali, tuttavia la maggior parte dei pesci utilizzati in acquaponica, in generale hanno una gamma di tolleranza a pH compresi tra 6,0 e 8,5. Ancora, il pH influenza la tossicità dell'ammoniaca; con un pH più alto l'ammoniaca è maggiormente tossica. Questo aspetto è discusso in maniera più completa nella sezione 3.4. In conclusione, l'acqua ideale in acquaponica è leggermente acida, con un intervallo ottimale di pH compreso tra 6 - 7. Questo range manterrà una elevata capacità di funzionamento dei batteri, consentendo alle piante pieno accesso a tutte i macronutrienti e i micronutrienti essenziali. Valori di pH attorno a 5,5 e 7,5 richiedono attenzione nella gestione e nella modificazione attraverso strumenti lenti e calibrati, riportati nella Sezione 3.5 e nel capitolo 6. Invece il pH inferiore a 5 o superiore a 8 può rapidamente diventare un problema critico per l'intero ecosistema e quindi è necessario un intervento immediato. Ci sono molti processi biologici e chimici che avvengono in un sistema acquaponico che influenzano il pH dell'acqua, alcuni più significativi rispetto ad altri, tra i quali: il processo di nitrificazione, la densità del pesce e il fitoplancton.

Il processo di nitrificazione

Il processo di nitrificazione ad opera dei batteri abbassa naturalmente il pH di un sistema acquaponico. Infatti durante tale processo vengono prodotte deboli concentrazioni di acido nitrico che liberano ioni idrogeno durante la conversione dell'ammoniaca in nitrati. Con il tempo, il sistema acquaponico diventerà via via più acido come effetto di questa attività batterica.

Densità del pesce

Durante la respirazione, il pesce rilascia del biossido di carbonio (CO_2) in acqua. Questa anidride carbonica abbassa il pH perché si converte naturalmente in acido carbonico (H_2CO_3) a contatto con l'acqua. Più alta è la densità dei pesci nell'impianto, più anidride carbonica sarà rilasciata, e maggiore sarà l'abbassamento del livello di pH complessivo. Questo effetto aumenta quando i pesci sono più attivi, come ad esempio a temperature più elevate.

Fitoplancton

La respirazione dai pesci abbassa il pH rilasciando anidride carbonica in acqua, viceversa la fotosintesi di plancton, alghe e piante acquatiche rimuove l'anidride carbonica nell'acqua e aumenta il pH. L'effetto delle alghe sul pH segue un andamento quotidiano, nel quale il pH aumenta durante il giorno, giacché le piante acquatiche con la fotosintesi rimuovono la CO_2 e l'acido carbonico e scende durante la notte perché le piante respirano e rilasciano acido carbonico. Pertanto, il pH è al minimo all'alba e un massimo al tramonto. In un sistema acquaponico a ricircolo standard, i livelli di fitoplancton sono generalmente bassi e, quindi, il pH giornaliero viene scarsamente influenzato. Tuttavia, alcune tecniche di acquacoltura, come quella in stagno e alcune tecniche di allevamento del pesce, volutamente usano fitoplancton, quindi il momento in cui si effettua il monitoraggio dovrebbe essere scelto con accuratezza.

3.2.3 La temperatura

La temperatura dell'acqua influisce su tutti gli aspetti dei sistemi acquaponici. Nel complesso, una temperatura compresa tra 18 e 30 °C è un buon compromesso. La temperatura ha un effetto sull'ossigeno disciolto, nonché sulla tossicità (ionizzazione) dell'ammoniaca: alte temperature portano ad una minore quantità di ossigeno disciolto e a livelli più tossici di ammoniaca. Inoltre, le alte temperature possono limitare l'assorbimento del calcio nelle piante. La combinazione di pesci e piante dovrebbe essere scelta in base all'ambiente in cui sono posizionati i vari sistemi, cambiare la temperatura dell'acqua può essere molto costoso giacché richiede un'elevata quantità di energia. Pesci di acqua calda (come ad esempio la tilapia, la carpa comune, il pesce gatto) e i batteri nitrificanti prosperano in acque con temperature più alte comprese tra 22 e 29 °C, così come alcune verdure popolari come l'okra o gombo, i cavoli asiatici, e il basilico. Al contrario, alcune verdure comuni come la lattuga, le bietole e i cetrioli crescono meglio con temperature più fresche comprese

tra 18 e 26 °C, così come pesci d'acqua fredda come la trota non tollerano temperature superiori a 18 °C. Per ulteriori informazioni sugli intervalli di temperatura ottimali per le singole piante e i diversi pesci, vedere i capitoli 6 e 7 rispettivamente per la produzione piante e pesci e l'appendice 1 per le informazioni chiave sulla crescita di 12 ortaggi assai diffusi.

Anche se è meglio scegliere piante e pesci già adattate al clima locale, ci sono tecniche di gestione che possono ridurre al minimo le variazioni di temperatura ed estendere la stagione di crescita. I sistemi sono più produttivi se le escursioni termiche sono minime. Pertanto, la superficie dell'acqua in tutte le vasche, le unità idroponiche e i biofiltri, devono essere protette dal sole con strutture ombreggianti.

Allo stesso modo, gli impianti possono essere protetti termicamente con isolamento contro il freddo delle temperature notturne laddove queste si verificano. In alternativa, ci sono metodi per riscaldare passivamente gli impianti utilizzando serre o energia solare con i tubi agricoli arrotolati, che sono assai utili quando le temperature scendono sotto i 15 °C. Questi metodi sono descritti con maggior dettaglio nei capitoli 4 e 9.

È anche possibile adottare una strategia di produzione di pesce differente per far fronte alla variazione di temperatura tra inverno ed estate, in particolare se la stagione invernale ha temperature medie inferiori a 15 °C per più di tre mesi. Generalmente, questo comporta che pesci e piante adatti al freddo sono allevati durante l'inverno mentre si cambiano pesci e colture quando le temperature salgono di nuovo in primavera. Se questi accorgimenti non sono realizzabili nelle fredde stagioni invernali, è anche possibile semplicemente raccogliere i pesci e le piante all'inizio dell'inverno e spegnere il sistema fino a primavera. Durante stagioni estive con temperature estremamente calde (oltre 35 °C), è essenziale selezionare il pesce appropriato e le piante adeguate alla crescita (vedi capitoli 6 e 7) e mantenere tutto all'ombra: contenitori e spazio per la crescita delle piante.

3.2.4 Azoto totale: ammoniaca, nitriti, nitrati

L'azoto è il quarto parametro cruciale della qualità delle acque, fondamentale per la crescita delle piante. L'azoto entra in circolo in un sistema acquaponico attraverso il mangime per pesci, solitamente indicato in etichetta come proteina grezza, espressa in percentuale. Alcune di queste proteine sono utilizzate dal pesce per la crescita, il resto è rilasciato dal pesce come rifiuto. Questo rifiuto è per lo più in forma di ammoniaca (NH_3), e viene rilasciato attraverso le branchie e sotto forma di urina. Viene anche rilasciato attraverso i rifiuti solidi, alcuni dei quali vengono convertiti in ammoniaca dall'attività microbica. Il processo di conversione dell'ammoniaca in nitrati operato dai batteri, è stato discusso nella sezione 2.1.

Le scorie azotate in generale sono velenose, anche se ammoniaca e nitriti sono circa 100 volte più velenosi dei nitrati. Anche se tossici per i pesci, i composti azotati sono nutrienti per le piante e, in effetti, sono la componente fondamentale dei fertilizzanti vegetali. Tutte e tre le forme di azoto (NH_3 , NO_2 e NO_3) Possono essere usate dalle piante, ma il nitrato è di gran lunga la forma più assorbibile. In un impianto acquaponico perfettamente funzionante, con un'adeguata biofiltrazione, i livelli di ammoniaca e nitriti dovrebbero essere vicini allo zero, o al massimo 0,25-1,0 mg/litro. Il batteri presenti nel biofiltro convertono quasi tutta l'ammoniaca e i nitriti in nitrati prima che possa verificarsi il loro accumulo.

Effetti di elevati livelli di ammoniaca

L'ammoniaca è tossica per i pesci. Tilapia e carpe possono mostrare sintomi di avvelenamento da ammoniaca a livelli particolarmente bassi come 1,0 mg/litro. L'esposizione prolungata o al di sopra di questo livello provocherà danni al sistema nervoso centrale dei pesci e alle branchie, con conseguente perdita di equilibrio, respirazione compromessa e convulsioni. I danni alle branchie, spesso evidenziati da una colorazione rossa e l'infiammazione, limitano il corretto funzionamento di altri processi fisiologici, che portano al collasso del sistema immunitario ed alla morte. Altri sintomi includono striature rosse sul corpo, letargia e boccheggio sulla superficie alla ricerca di aria. A più alti livelli di ammoniaca gli effetti sono la morte immediata. Anche livelli più bassi di

ammoniaca o nitriti per lunghi periodi possono causare stress al pesce e una maggiore incidenza di malattie che possono portare a delle perdite.

Come discusso in precedenza, la tossicità dell'ammoniaca in realtà dipende sia dal pH che dalla temperatura, elevati valori di pH e di temperatura dell'acqua rendono l'ammoniaca più tossica.

Chimicamente, l'ammoniaca può trovarsi nell'acqua in due forme, ionica e non ionica. Queste due forme insieme sono chiamate azoto ammoniacale totale (TAN) e i kit di acquatest non sono in grado di distinguere tra i due tipi. In condizioni di acidità, l'ammoniaca si lega con gli ioni idrogeno in eccesso (pH basso significa una elevata concentrazione di H^+) e diventa meno tossica. Questa forma ionizzata si chiama ammonio. Tuttavia, in condizioni basiche (pH alto, sopra 7), non ci sono abbastanza ioni idrogeno e l'ammoniaca rimane nella sua forma più tossica, in questo stato anche bassi livelli di ammoniaca possono essere altamente stressanti per il pesce. Il problema risulta più grave in condizioni di acqua calda. L'attività dei batteri nitrificanti diminuisce drasticamente a livelli elevati di ammoniaca. L'ammoniaca può anche essere usata come agente antibatterico poichè a livelli superiori di 4 mg/litro è in grado di ridurre drasticamente l'efficacia dei batteri nitrificanti. Questa situazione può deteriorarsi in maniera esponenziale quando un biofiltro sottodimensionato viene sopraffatto dall'ammoniaca, i batteri muoiono e l'ammoniaca aumenta ancora di più.

Effetti di un livello elevato di nitriti

Il nitrito è tossico per i pesci. Analogamente all'ammoniaca, i problemi di salute dei pesci possono insorgere con concentrazioni basse come 0,25 mg/litro. Alti livelli di NO_2 possono portare immediatamente alla morte dei pesci. Anche bassi livelli per un periodo prolungato possono causare un aumento dello stress del pesce, favorendone malattie e morte. I nitriti a livelli tossici impediscono il trasporto di ossigeno nel sangue dei pesci, il colore del sangue diventa marrone-cioccolato ed è noto anche come "Malattia del sangue marrone". Questo effetto può essere osservato in particolare sulle branchie. I pesci colpiti mostrano sintomi simili all'intossicazione da ammoniaca, in particolare perchè i pesci sembrano essere privi di ossigeno, dal momento che boccheggiano in superficie anche in acqua con una elevata concentrazione di DO. La salute dei pesci è discussa in dettaglio nel capitolo 7.

Effetti di elevati livelli di nitrati

Il nitrato è molto meno tossico rispetto alle altre forme di azoto. È inoltre la forma di azoto più accessibile per le piante, la produzione di nitrato è dunque l'obiettivo del biofiltro. I pesci possono tollerare livelli fino a 300 mg/litro di nitrati, anche se livelli elevati (> 250 mg/litro) hanno un impatto negativo sulle piante, portando ad un eccessivo sviluppo vegetativo e ad accumuli di nitrati nelle foglie, pericolosi anche per la salute umana. Si consiglia di mantenere il nitrato a livelli compresi tra 5 e 150 mg/litro ed effettuare ricambi d'acqua quando i livelli diventano più elevati.

3.2.5 Durezza dell'acqua

Il parametro finale qualità dell'acqua è la durezza. Ci sono due principali tipi di durezza: durezza generale (GH) e la durezza carbonatica (KH). La durezza generale è una misura degli ioni positivi (cationi) in acqua. La durezza carbonatica, nota anche come alcalinità, è una misura della capacità tampone dell'acqua. Il primo tipo di durezza non ha un impatto importante sui processi in un sistema acquaponico, ma il KH ha relazioni importanti con il pH e merita ulteriori spiegazioni.

La durezza generale

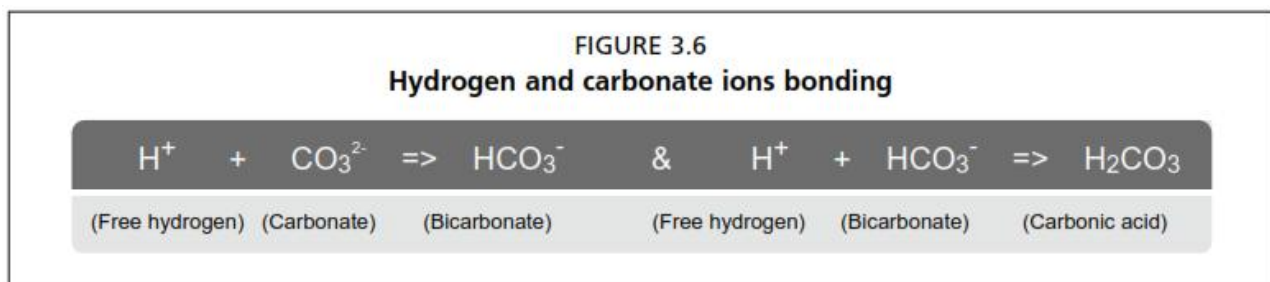
La durezza generale è determinata essenzialmente dalla quantità di ioni di calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) e, in misura minore, ferro (Fe^+) presenti nell'acqua. Viene misurata in parti per milione (equivalente a milligrammi per litro). Alti valori di GH si trovano in acqua sorgiva come nelle falde acquifere di rocce di calcaree e/o letti di fiume, il calcare è essenzialmente composto da carbonato di calcio ($CaCO_3$). Entrambi gli ioni Ca^{2+} e Mg^{2+} sono nutrienti essenziali per le piante e sono

assorbiti dalle piante con l'acqua che scorre attraverso la componente idroponica dell'impianto. L'acqua piovana ha una durezza bassa perché questi ioni non si trovano in atmosfera. L'acqua dura può essere una fonte utile di micronutrienti per l'acquaponica e non ha effetti dannosi sulla salute degli organismi. Infatti, la presenza di calcio in acqua può evitare nel pesce la perdita di sali, consentendogli di disporre di riserve salutari di sali stessi.

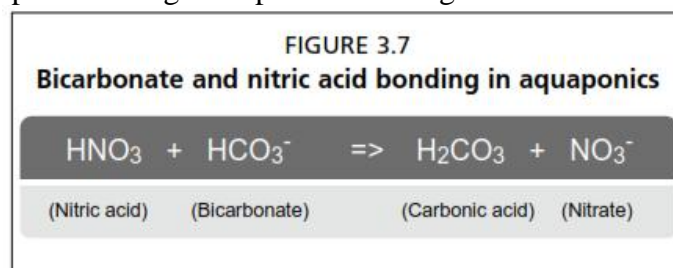
Durezza carbonatica o alcalinità

La durezza carbonatica è la quantità totale di carbonati (CO_3^{2-}) e bicarbonati (HCO_3^-) disciolti in acqua ed è misurata in milligrammi di CaCO_3 per litro. In generale, l'acqua si considera ad un livello elevato KH a livelli di 121-180 mg/litro. L'acqua proveniente da pozzi di roccia calcarea di solito ha un alto livello di durezza carbonatica di circa 150-180 mg/litro. La durezza carbonatica in acqua ha un impatto sul livello di pH. In poche parole, KH funge da buffer (o resistenza) per l'abbassamento del pH. Carbonato e bicarbonato presenti nell'acqua si legano agli ioni H^+ rilasciati da qualsiasi acido e consentono al pH di essere stabile anche se vengono liberati costantemente nuovi ioni H^+ . Questo buffer KH è importante, perché rapidi cambiamenti pH sono stressanti per l'intero ecosistema acquaponico. Il processo di nitrificazione genera acido nitrico (HNO_3), come visto nella sezione 3.2.2, che è dissociato in acqua nei suoi due componenti, ioni idrogeno (H^+) e nitrato (NO_3^-), quest'ultimo utilizzato come fonte di nutrienti per le piante. Tuttavia, con un adeguato KH l'acqua non diventa effettivamente più acida. Se non fossero presenti carbonati e bicarbonati il pH scenderebbe rapidamente nell'unità acquaponica. Più alta è la concentrazione di KH nell'acqua, maggiore sarà la sua capacità di agire come un tampone per pH per mantenere il sistema stabile nei confronti dell'acidificazione causata dal processo di nitrificazione.

La sezione successiva descrive questo processo in modo più dettagliato. Il processo è piuttosto complicato, ma per gli interessati all'acquaponica o ad una qualsiasi coltura fuori suolo è importante capire quale acqua sia disponibile e, laddove l'acqua a disposizione fosse poco adatta come si verifica in zone ricche di calcare o di gesso, la modificazione del pH diventerà una parte vitale per la gestione dei sistemi. La sezione 3.5 contiene tecniche specifiche di correzione del pH. La sintesi che segue la descrizione estesa elencherà ciò che è essenziale sapere sul tema della durezza. Come accennato in precedenza, la nitrificazione costante in sistema acquaponico produce acido nitrico e aumenta il numero di ioni H^+ , quindi una riduzione del pH in acqua. Se non sono presenti carbonati o bicarbonati per tamponare gli ioni H^+ in acqua, si verifica il processo di acidificazione. Carbonati e bicarbonati, come mostrato in Figura 3.6, si legano agli ioni idrogeno (H^+) rilasciati dall'acido nitrico e mantengono un pH costante bilanciando il surplus di H^+ con la produzione di acido carbonico, che è un acido molto debole. Gli ioni H^+ rimangono vincolati al composto e non sono liberi in acqua.



La Figura 3.7 mostra in più in dettaglio il processo di legame che si verifica con l'acido nitrico.



È essenziale per un'acquaponica che una certa concentrazione di KH sia sempre presente nell'acqua, affinché possa neutralizzare gli acidi creati naturalmente e mantenere costante il pH. Senza un adeguato KH, l'impianto potrebbe essere sottoposto a variazioni di pH rapide che avrebbero impatti negativi su tutto il sistema, soprattutto sul pesce. Tuttavia, KH è presente in molte sorgenti d'acqua, il reintegro del sistema con acqua proveniente da queste fonti può ricostituire adeguati livelli di KH. L'acqua piovana è invece povera di KH e nei sistemi alimentati da pluviali è utile aggiungere fonti esterne di carbonato, come verrà spiegato di seguito.

3.3 Gli altri elementi principali per la qualità dell'acqua: alghe e parassiti

3.3.1 La fotosintesi delle alghe

La crescita e l'attività fotosintetica da alghe in un impianto acquaponico influiscono sui parametri qualitativi delle acque, dei livelli di pH, DO e azoto. Le alghe sono un tipo di organismi che operano una fotosintesi simile a quella delle piante e possono facilmente crescere in qualsiasi corpo d'acqua ricco di nutrienti ed esposto alla luce solare. Alcune alghe sono microscopiche, organismi unicellulari chiamati fitoplancton, che possono colorare l'acqua verde (Figura 3.8).



Fig. 3.8 - Crescita di alghe in un sistema acquaponico

Alghe verdi

Le macroalghe sono molto più grandi e comunemente formano tappeti filamentosi attaccati al fondo e alle pareti dei serbatoi (Figura 3.9).



Fig. 3.9 - Alghe che incrostano un tubo di plastica

In acquaponica, è importante prevenire la crescita delle alghe perché la loro gestione è problematica per diverse ragioni. In primo luogo, consumano i nutrienti presenti nell'acqua ed entrano in competizione con l'obiettivo di far crescere gli ortaggi, inoltre le alghe agiscono sia come fonte sia come agente di consumo dell'ossigeno disciolto, con la produzione di ossigeno durante il giorno attraverso la fotosintesi e il consumo di ossigeno di notte durante

la respirazione. Di notte possono ridurre drasticamente i livelli di DO in acqua, provocando la morte dei pesci. A questa ulteriore produzione e al consumo di ossigeno è legata anche la produzione e il consumo quotidiano di anidride carbonica, che provoca variazioni giornaliere del pH. Infine, le alghe filamentose possono ostruire gli scarichi e bloccare i filtri dell'impianto. Le alghe filamentose marroni possono crescere anche sulle radici delle piante idroponiche, soprattutto se coltivate in acque profonde (DWC), ed influire negativamente sulla crescita delle piante. Tuttavia in alcuni tipi

di acquacoltura denominate cultura in acqua-verde si possono trarre grandi vantaggi dalla coltura di alghe per l'alimentazione, in associazione con l'allevamento di tilapia, la cultura gamberi, e la produzione di biodiesel, ma questi argomenti non sono direttamente legate all'acquaponica e per questo non sono discusse in questo lavoro. Prevenire la crescita delle alghe è relativamente facile. Tutte le superfici d'acqua dovrebbero essere ombreggiate con stoffe, teloni, foglie di palma intrecciate oppure dovrebbero essere utilizzati coperchi di plastica per coprire le vasche di pesci e i biofiltri in modo tale che l'acqua non sia in contatto diretto con la luce solare. Questo inibirà la fioritura delle alghe nel sistema.

3.3.2 Parassiti, batteri e altri piccoli organismi viventi nell'acqua

L'acquaponica è un ecosistema composto principalmente da pesci, batteri nitrificanti, e piante. Tuttavia, nel tempo, ci possono essere molti altri organismi che prendono parte a questo ecosistema. Alcuni di questi organismi svolgono funzioni utili, come ad esempio i lombrichi, che facilitano la decomposizione dei rifiuti dei pesci. Altri sono benigni, cioè non aiutano né danneggiano il sistema, come ad esempio i vari crostacei che vivono nei biofiltri. Altri sono minacce, ad esempio i parassiti e i batteri che sono impossibili da eliminare completamente perché l'acquaponica non è un sistema sterile. La migliore tecnica di gestione per evitare che queste piccole minacce diventino infestazioni pericolose è necessario allevare pesci e piante senza stress, sani, garantendo condizioni altamente aerobiche che garantiscano l'accesso a tutti i nutrienti essenziali. In questo modo, gli organismi possono tenere lontane le infezioni o le malattie utilizzando i propri sistemi immunitari mantenuti in perfette condizioni. I capitoli 6 e 7 tratteranno in particolare della gestione di pesce e vegetali e del contrasto alle malattie e il Capitolo 8 si occuperà in particolare di sicurezza del cibo e in modo più dettagliato di minacce biologiche.

3.4 Fonti di acqua per l'acquaponica

In media, un sistema acquaponico consuma tra 1 e il 3 per cento del volume totale di acqua al giorno, a seconda del tipo di piante coltivate e della posizione. L'acqua viene consumata dalle piante attraverso l'evapotraspirazione naturale oltre ad essere trattenuta all'interno dei propri tessuti. Acqua è persa per evaporazione diretta e spruzzi. Per tale motivo, l'impianto dovrà essere rifornito periodicamente. La fonte di acqua utilizzata avrà un impatto sulla chimica dell'acqua dell'unità. Segue una descrizione di alcuni comuni fonti di acqua e la composizione chimica comune di quell'acqua. Nuove aggiunte di acqua devono sempre essere verificate per controllare pH, durezza, salinità, cloro e la presenza di eventuali sostanze inquinanti.

A questo punto è importante considerare un ulteriore parametro di qualità acqua: la salinità. La salinità indica la concentrazione di sali in acqua, che includono il cloruro di sodio (NaCl - il comune sale da cucina), così come gli elementi nutritivi, che sono in realtà sali. I livelli di salinità avranno un grande ruolo al momento di decidere che acqua utilizzare, perché una elevata salinità può influenzare negativamente la produzione di ortaggi, soprattutto se si tratta di cloruro di sodio, che è una forma di sodio tossico per le piante.

La salinità dell'acqua può essere misurata come conduttività elettrica (CE) per metro, oppure come quantità totale di solidi disciolti (TDS) mediante un rifrattometro o un idrometro o più semplicemente facendo riferimento ai rapporti delle autorità locali sulla qualità dell'acqua. Quando la salinità è misurata come conduttività, si misura quanta elettricità passa attraverso l'acqua utilizzando come unità di misura il microSiemens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oppure esprimendola in TDS come parti per mille (‰) o parti per milione (ppm o mg/litro). Per riferimento, l'acqua di mare ha una conduttività di 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e TDS di 35 ‰ (35.000 ppm). Sebbene l'impatto della salinità sulla crescita delle piante vari notevolmente tra le diverse specie (paragrafo 9.4.2, appendice 1), si consiglia di utilizzare fonti di acqua a bassa salinità. La salinità, generalmente, è troppo alta se l'acqua ha una conducibilità superiore di 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o una concentrazione TDS superiore a 800 ppm.

Sebbene i misuratori di CE e TDS siano comunemente usati per misurare la quantità totale di sali nutrienti nell'acqua delle colture idroponiche, questi misuratori non forniscono una misura precisa dei livelli di nitrati, che possono essere meglio controllati con i kit-test per l'azoto.

3.4.1 L'acqua piovana

Acqua piovana raccolta è un'ottima fonte di acqua per l'acquaponica. L'acqua avrà di solito un pH neutro e concentrazioni molto basse di entrambi i tipi di durezza (KH e GH) e quasi zero salinità; ciò è ottimale per ricostituire il sistema ed evitare accumuli di salinità a lungo termine. Tuttavia, in alcune zone colpite da piogge acide come accade in un certo numero di località in Europa orientale, e nelle zone orientali degli Stati Uniti d'America e in alcune le zone del sud-est asiatico, l'acqua piovana potrà avere un pH acido. In generale, è buona norma, per tamponare l'acqua piovana, aumentare il KH come indicato nella Sezione 3.5.2. Inoltre, la raccolta dell'acqua piovana ridurrà le spese generali di gestione del sistema, oltre ad essere più sostenibile.

3.4.2 Cisterna o falde acquifere

La qualità di acqua prelevata da pozzi o cisterne dipenderà in larga misura dal materiale di costruzione della cisterna da quello di cui è costituita la falda acquifera. Se la roccia è calcare, l'acqua probabilmente avrà livello abbastanza alti di durezza, che possono avere un impatto sul pH dell'acqua. La durezza dell'acqua non è un problema importante in acquaponica, perché la alcalinità è naturalmente compensata dall'acido nitrico prodotto dai batteri nitrificanti. Tuttavia, se i livelli di durezza sono molto elevati, può essere necessario utilizzare quantità molto piccole di acido per ridurre l'alcalinità prima di aggiungere l'acqua al sistema al fine di evitare oscillazioni del pH.

3.4.3 “Acqua del sindaco” (acquedotto comunale)

L'acqua per forniture potabili è spesso trattata con diverse sostanze chimiche per rimuovere agenti patogeni. Le più comuni sostanze chimiche utilizzate per il trattamento dell'acqua sono cloro e clorammine. Queste sostanze chimiche sono tossiche per pesci, piante e batteri; queste sostanze chimiche sono usate per uccidere i batteri nell'acqua e come tali sono dannose per la salute generale del ecosistema acquaponico. Kit per il test del cloro sono facilmente disponibili e se alti livelli di cloro vengono rilevati, l'acqua deve essere trattata prima di essere utilizzata. Il metodo più semplice è quello di immagazzinare l'acqua prima dell'uso, consentendo in tal modo a tutto il cloro di dissiparsi in atmosfera. Questo può evaporare nel giro di 48 ore, ma l'evaporazione può essere assai più veloce se l'acqua viene fortemente aerata con pietre porose. Le clorammine sono più stabili e non evaporano così facilmente. Se il comune utilizza clorammine, può essere necessario utilizzare tecniche chimiche di trattamento, come la filtrazione con carbone attivo o altri prodotti chimici dechloranti.

E' buona cosa non sostituire mai più del 10 per cento dell'acqua senza prove e rimozione preventiva del cloro. Controllare sempre nuove fonti di acqua per quanto riguarda i livelli di durezza e il pH, e utilizzare l'acido, se opportuno e necessario per mantenere il pH entro i livelli ottimali sopra indicati.

3.4.4 Acqua filtrata

A seconda del tipo di filtrazione (ad esempio osmosi inversa o filtrazione con carboni attivi), l'acqua filtrata subirà una rimozione più o meno alta di metalli e ioni, rendendo così l'acqua molto sicura usare e relativamente facile da manipolare. Tuttavia, esattamente come l'acqua piovana, acqua deionizzata da osmosi inversa avrà livelli di durezza particolarmente bassi e dovrà essere tamponata.

3.5 Modificazione del pH

Ci sono metodi semplici per modificare il pH in un sistema acquaponico. Nelle regioni ricche di rocce calcaree, l'acqua naturale presenta spesso un pH elevato. Pertanto, possono essere necessarie periodiche aggiunte di sostanze acide per ridurre il pH. Nelle regioni con roccia vulcanica, l'acqua naturale sarà spesso “dolce”, con alcalinità molto bassa, perciò sarà necessario aggiungere periodicamente una base o un tampone carbonato all'acqua per contrastare la acidificazione naturale del sistema. Sarà altrettanto necessario aggiungere un tampone di carbonato di calcio nei sistemi che utilizzano l'acqua piovana.

3.5.1 Abbassamento del pH con un acido

In acquaponica l'acqua acidifica naturalmente a causa della nitrificazione e della respirazione. Con il tempo, i livelli di pH spesso diminuiscono fino al valore di riferimento.

Tuttavia, l'aggiunta di acido può essere necessario se l'acqua in origine ha una elevata durezza KH e pH elevato, e se c'è una elevata velocità di evaporazione. In questi casi non comuni ed eccezionali, il volume di acqua per rifornire il sistema è tale che essa aumenta significativamente il pH sopra gli intervalli ottimali, sovrastando l'acidificazione naturale. L'aggiunta di acido è necessaria anche se la quantità di pesce allevato non è sufficiente a produrre abbastanza rifiuti disciolti per sostenere una adeguata nitrificazione e la conseguente acidificazione. In questi casi, il rifornimento di acqua si tradurrà anche in un rifornimento degli agenti tamponanti, i carbonati. La naturale produzione di acidi non sarà sufficiente a reagire con gli agenti tamponanti e successivamente abbassare il pH. Si aggiungono acidi per aiutare a batteri nitrificanti abbassare naturalmente il pH solo se l'acqua in origine è molto dura e alcalina e se non c'è acqua piovana che può rifornire il sistema con acqua libera da KH.

L'aggiunta di acidi ad un sistema acquaponico è pericolosa. Il pericolo è che in un primo momento l'acido reagisce con il potere tampone e non si nota nessun cambiamento di pH. Viene aggiunto sempre più acido senza che cambi il pH, finché tutte le sostanze tampone hanno reagito e poi il pH scende drasticamente, spesso con le conseguenze di un terribile e stressante shock per il sistema. Da un punto di vista pratico, se è necessario aggiungere acido, è meglio trattare una vasca di quest'acqua, e poi aggiungere l'acqua trattata al sistema (Figura 3.10). Questo elimina il rischio di eccessiva acidificazione del sistema. L'acido deve essere sempre aggiunto ad un corpo idrico di rifornimento, e deve essere prestata molta attenzione a non usare troppo acido per correggere il sistema. Se il sistema è progettato con una linea di alimentazione idrica automatica può essere necessario aggiungere l'acido direttamente al sistema, ma il pericolo inevitabilmente aumenta.

Per abbassare il pH si può utilizzare acido fosforico (H_3PO_4). L'acido fosforico è un acido relativamente delicato. Si può trovare denominato con vari nomi commerciali e con livello qualitativo di tipo alimentare in negozi di idroponica o di prodotti per l'agricoltura. Il fosforo è un importante macronutriente per le piante, ma un uso eccessivo di acido fosforico può portare ad una concentrazione tossica di fosforo nel sistema.

In situazioni con fonti di acqua estremamente dura e alcalina (alta KH, alto pH), viene usato acido solforico (H_2SO_4). Tuttavia, a causa della sua elevata corrosività e ancora più elevato livello di pericolo, il suo uso non è raccomandato per i principianti. L'acido nitrico (HNO_3) è stato utilizzato anche come acido relativamente neutro. Si potrebbe essere tentati di usare l'acido citrico, ma poiché questa è una sostanza antimicrobica che può uccidere i batteri nel biofiltro, l'acido citrico non deve essere utilizzato.

Gli acidi concentrati sono pericolosi, sia per il sistema sia per l'operatore. Devono quindi essere adottate adeguate precauzioni di sicurezza, compresi gli occhiali e i guanti di sicurezza (Figura 3.11). Non aggiungere mai acqua all'acido, ma aggiungere solo gli acidi all'acqua.



3.5.2 L'aumento del pH con tamponi e basi

Se il pH scende sotto 6, è necessario aggiungere una base e/o aumentare la durezza carbonatica. Le basi comunemente usate sono idrossido di potassio (KOH) e idrossido di calcio ($Ca(OH)_2$). Queste sono basi forti, e dovrebbero essere aggiunte allo stesso modo degli acidi; cambiare sempre il pH molto lentamente. Tuttavia, la soluzione più semplice e sicura è aggiungere carbonato di calcio ($CaCO_3$) o Carbonato di potassio (K_2CO_3), che aumenterà sia KH e pH. Ci sono molte fonti naturali ed economiche di carbonato di calcio che può essere aggiunto al sistema. Alcune di queste includono gusci d'uovo schiacciati, conchiglie finemente triturate, graniglia di calcare grossolano e gesso schiacciato. Il metodo consigliato è quello di mettere il materiale in un sacchetto poroso

sospeso nel serbatoio di trattamento (Figura 3.12). Controllare il pH per alcune settimane per monitorare l'aumento del pH. Rimuovere il sacco se il pH aumenta sopra 7. In alternativa, aggiungere 2-3 manciate di questi materiali per 1000 litri o direttamente nei letti di crescita o nel biofiltro. Se si utilizzano conchiglie, assicurarsi di lavare via il sale residuo prima di aggiungerle al sistema. La scelta delle basi e dei tamponi può anche essere guidata dal tipo di piante che vengono coltivate nel sistema, in quanto ciascuno di questi composti fornisce importanti macronutrienti. Le verdure da foglia possono essere favorite da basi di calcio per evitare imbrunimenti sulla punta delle foglie; mentre il potassio è ottimale per le piante da frutto per favorire la fioritura, l'allegagione e la maturazione ottimale della frutta.

Il bicarbonato di sodio è spesso usato per aumentare la durezza carbonatica nei RAS, ma non dovrebbe mai essere utilizzato in acquaponica a causa del conseguente aumento di sodio, che è dannoso per le piante.



FIGURA 3.11 - Acido fosforico, usato per abbassare il pH



FIGURA 3.12 - Aggiunta di conchiglie in un sacchetto di rete per liberare carbonato

3.6 Test dell'acqua

Al fine controllare che l'acqua nel sistema sia sempre di buona qualità si raccomanda di eseguire il test dell'acqua una volta alla settimana, per assicurarsi che tutti i parametri siano all'interno dei livelli ottimali. In ogni caso, i sistemi acquaponici maturi e ben rodati non avranno bisogno di essere testati spesso. In questo secondo caso i test dell'acqua dovranno essere effettuati solo in caso di sospetti.



Figura 3.13 - Acqua test

Inoltre, il monitoraggio quotidiano della salute dei pesci e delle piante che crescono nell'impianto indicherà se qualcosa non va, anche se questo metodo non è una sostituzione degli acqua test. L'impiego di semplici test dell'acqua è fortemente raccomandato per ogni sistema acquaponico. In commercio sono facilmente disponibili Kit per il test d'acqua dolce con colori di riconoscimento particolarmente facili da usare (figura 3.13).

Questi kit comprendono il test per il pH, l'ammoniaca, nitriti, nitrati, GH e KH. Ogni test prevede l'aggiunta di 5-10 gocce di un reagente in 5 ml di acqua del sistema; ogni prova non richiede più di cinque minuti. Altri sistemi prevedono pH digitale o i misuratori digitali di nitrati (relativamente costosi e molto accurati) oppure test a strisce dell'acqua (più economiche e non particolarmente precise, Figura 3.14)



Figura 3.14 - Test a strisce

3.7 Sintesi del capitolo

- L'acqua è la linfa vitale di un impianto acquaponico. Per capire la qualità dell'acqua è molto importante tenere sotto controllo i seguenti parametri fondamentali: l'ossigeno disciolto (DO), il pH, la temperatura dell'acqua, concentrazioni totali di azoto e durezza (KH), nonché conoscere gli effetti di ogni parametro su pesci, piante e batteri. Sono disponibili kit per il test dell'acqua dolce per il pH, l'ammoniaca, nitriti e nitrati. I valori sono determinati confrontando il colore dell'acqua della prova con quella della scheda di riferimento della confezione.
- E' sempre necessario raggiungere dei compromessi per alcuni parametri di qualità dell'acqua per soddisfare le esigenze di ogni organismo del sistema.
- Gli intervalli corretti per ciascun parametro sono i seguenti:

pH	6-7
Temperatura	18-30 °C
Ossigeno disciolto (DO)	5-8 mg/litro
Ammoniaca	0 mg/litro
Nitriti	0 mg/litro
Nitrati	5-150 mg/litro
KH	60-140 mg/litro

- Ci sono modi molto semplici per regolare il pH. Sostanze basiche e meno frequentemente acide, possono essere aggiunte in piccole quantità all'acqua rispettivamente per aumentare o abbassare il pH. Sostanze acide e basiche devono sempre essere aggiunte lentamente e con attenzione.

L'acqua piovana può essere utilizzata come alternativa per consentire al sistema di abbassare naturalmente il pH. Inoltre nel lungo periodo i batteri nitrificanti riducono l'alcalinità del sistema. Carbonato di calcio da calcare, conchiglie o gusci d'uovo aumentano KH e il tampone per il pH contro la acidificazione naturale.

- Alcuni aspetti teorici sulla qualità delle acque e sulla chimica dell'acqua necessari per l'acquaponica possono essere complicati, e particolarmente il rapporto tra pH e durezza, ma i test di base dell'acqua sono utilizzati per semplificare la gestione della qualità delle acque.
- Il test acqua è essenziale per mantenere una buona qualità delle acque del sistema. Misurate e registrate i seguenti parametri di qualità dell'acqua ogni settimana: il pH, la temperatura, nitrati e durezza carbonatica. I test dell'ammoniaca e dei nitriti dovrebbero essere utilizzati in particolare all'avvio del sistema e in caso di anormali mortalità dei pesci tali da sollevare dubbi sulla presenza di eventuali tossicità.